젖소 건강 모니터링을 위한 맥박 측정 방법 개발

Development of Pulse Measurement Method for Health Monitoring of Dairy Cows

전학봉*, 김한준**, 김진오***

광운대학교 임베디드 SW공학과*, 대구경북과학기술원 정보통신융합공학과**, 광운대학교 로봇학부***

Hak-Bong Jun(hakbong@kw.ac.kr)*, Han-Joon Kim(hanjoonkim@dgist.ac.kr)**,
Jin-Oh Kim(jokim@kw.ac.kr)***

요약

축산업이 대형화 되면서 빠른 성장을 보이고 있다. 하지만 한 농가당 사육두수의 증가로 인한 위생관리 부실로 경제적 손실이 전체 총 생산액의 20%인 약 2조원에 육박하고 있고, 이러한 경제적 손실을 막기 위해 축산업에 무선 센서 네트워크 기술 적용이 전 세계에서 연구되고 있다. 본 연구에서는 체온, 호흡수와 더불어 건강의 중요한 지표인 맥박의 지속적인 모니터링을 위한 측정 위치와 방법을 제안한다. 젖소의 중미동맥과 좌측 흉벽에서 맥박을 측정 할 수 있었으며, 측정 방법은 비 침습적이며 탈부착과 관리가 용이한 광 혈류측정 (Photoplethysmography, PPG) 센서를 사용하여 중미동맥과 좌측흉벽에 본 연구에서 제안한 하네스를 이용하여 측정하였다.

■ 중심어 : | 생체 모니터링 | 맥박 측정 | 축산 IT |

Abstract

Today, livestock industry grows faster and bigger. The number of livestock numbers per farm also grows rapidly. The bigger farms need more sophisticated control of livestock to prevent from all possible diseases, especially contagious diseases. In Korea, diseases cause serious economic loss of 2 trillion won every year, which is about 20% of the total production output. Researches on the wireless bio-signal monitoring technology for livestock are of great importance in the world. In this paper, as a way to predict the possible diseases, we propose a measurement method of the pulse of dairy cows for the continuous health monitoring. It is possible to measure a pulse from central artery and the left chest-wall of the cow. The pulse from central artery is measured by the sensor attached at the tail winding. The pulse at the left chest-wall can also be measured with our newly designed harness.

■ keyword : | Bio-signal Monitoring | Pulse Measurement | Livestock IT |

I. 서 론

2011년 국내 축산업 생산액은 전체 농축산업의

41.2%인 18조원으로 1970년 1.2조원에서 15배로 크게 성장했다. 또 축산업의 성장과 더불어 연관된 관련 산업의 매출액은 2010년의 경우 축산 생산액의 두 배가 넘

* 본 연구는 2011-2012년도 정부(농촌진흥청)의 재원으로 국립축산과학원의 지원을 받아 수행된 FTA 대응사업의 결과(No. PJ006346)이며 부분적으로 광운대학교 2012년도 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

접수일자 : 2013년 10월 30일

수정일자 : 2013년 11월 14일

심사완료일 : 2013년 11월 14일

교신저자 : 김진오, e-mail : jokim@kw.ac.kr

는 30조 1천억 원이다. 이처럼 우리나라 축산업은 50년 대 이전 소규모 부업 형태에서 현재에는 빠른 발전으로 대형화, 전문화되었다. 하지만 빠른 성장과 대형화로 인한 문제점이 속출하고 있다. 전체 사육두수는 크게 변화가 없으나, 축산업의 대형화로 영세 농가가 감소하여 전체 사육농가의 감소로 농가당 평균 사육두수가 큰 폭으로 증가하고 있다. 그리고 밀집사육과 환경관리 소홀로 인한 위생관리 부실로 가축의 면역력이 크게 감소하여 그 결과 항생제 사용량이 세계 최고 수준에 이르고 있다. 아래의 [그림 1]은 국내 축산업의 비중증가에 대해 조사한 자료이다. 1990~2011년간 젖소 농가감소와 생산 규모 성장 추이를 보여준다. 그래프를 보면 사육 두수는 소폭 감소하여 큰 변화가 없으나, 농가 수는 대폭 감소하여 농가수당 사육수가 크게 증가함을 알 수 있다.

※ 사용데이터 : 2011년 농림수산식품 주요통계
자료 : 농협경제연구소

그림 1. 1990~2011년간 젖소 농가감소와 생산규모 성장 추이-2011년 농림수산 식품 주요 통계(농협경제연구소)

사육농가의 관리부실로 발생된 질병으로 인한 경제적 손실은 연간 총 생산액 가운데 약 20%로 2005년 이후 매년 약 2조원에 육박하고 있다. 1995년 WTO체제 출범이후 축산업은 국내 경쟁이 아닌 국제 경쟁이 되었고, 2012년 FTA로 인해 국제적인 경쟁력 강화가 더욱 시급하다. 축산업에서 이러한 경제적 손실을 막고 국제 경쟁력을 키우기 위해서는 적은 인력으로도 대규모의 농장을 관리할 수 있는 생체 모니터링 시스템이 필요하다. 국내 축산업은 사육하고 있는 규모와 사육 개체 수가 증가하여 양적인 측면에서는 크게 성장하였지만 가

축의 질병이나 관리부분에 대해서는 소극적으로 대응함으로써 축산농가의 경제적 피해를 가져오게 되었다. 이러한 세계적인 추세를 따라 세계적으로 연구가 되고 있는 센서 네트워크 시스템이 적용된 모니터링 시스템이 필요하다[18][19][21][22]. 질병으로 인한 경제적 손실을 막고 축산업의 경쟁력 향상을 위하여 여러 축산 선진국들의 대학과 연구기관에서 무선 센서 네트워크를 적용한 가축 모니터링에 관련된 연구를 진행하고 있다[9-11]. 국내에서도 IT 기술을 접목한 모니터링 시스템이 관한 연구들이 적지만 진행되고 있다[12]. 본 연구는 젖소의 맥박 상태를 모니터링 하는 시스템을 개발하였다. 선행 연구 조사결과 대부분의 연구들이 건강상태의 기본정보인 젖소의 체온 모니터링, 젖소의 번식장애와 부제병의 판단을 위한 운동 상태 모니터링과 위장장애 연구를 위한 반추위 모니터링을 위한 연구로 진행되고 있음을 알 수 있었다. 아래의 [그림 2]의 그래프는 본 연구에서 조사한 젖소 생체 모니터링 주제 별 연구 분류이다.

그림 2. 젖소 생체 모니터링 주제 별 연구 분류

하지만 체온, 호흡과 더불어 중요한 생체 정보인 맥박이나 심박을 측정하는 연구는 매우 미비함을 알 수 있었다. 맥박은 젖소의 주요 질병인 부제병, 열성질병, 심장병, 심한 동통, 심한 빈혈, 중독, 유방염, 산성 중독 증 등을 진단 할 수 있는 증상으로 젖소의 건강 모니터링에 중요한 매개변수 이다. 또한, 맥박은 질병의 진단 이외에도, 젖소의 심리상태를 알려줄 수 있는 지표이다[13-15]. 예로 무리에서 떨어지는 스트레스 상태의 경우, 젖소의 맥박 증가를 확인할 수 있으며[1], 착유 시 젖소가 사람을 인식하여, 공포를 느낌으로 유량이 감소

한다는 결과를 보인 연구에서도 공포라는 스트레스 상황에서 맥박이 증가함을 확인하였다[2]. 이러한 연구 결과를 볼 때 맥박 모니터링은 젖소의 건강상태와 심리적 상태를 동시에 확인할 수 있는 중요한 지표임을 다시 한 번 확인할 수 있다. 하지만 기존의 젖소의 모니터링 시스템은 온도, 운동, 반추위를 중심으로 연구가 진행되어 왔지만 맥박도 중요한 연구 분야임에도 불구하고, 맥박 측정과 측정 위치의 어려움으로 젖소의 맥박 모니터링 연구의 어려움이 있었고, 연구가 미비했다는 것을 알 수 있다. 측정 상황 자체도 스트레스 상황으로 정확한 측정이 불가능했다. 정확한 젖소의 맥박 측정을 위해서는 측정으로 인해 발생하는 스트레스 요인이 없어야 한다. 따라서 본 연구에서는 사람이 없는 상황에서 비 침습적으로 젖소의 생활을 방해하지 않으면서, 젖소의 맥박을 지속적으로 측정하기 위한 측정위치와 방법을 제안한다.

II. 본 론

1. 관련 선행 연구 조사

1.1 전극(Electrode)을 사용한 심박 측정

일반적으로 사람의 심박을 측정할 때에는 전극(Electrode)을 사용한다. 전극을 이용하여 측정하는 방법은 몸에서 발생하는 생체 전위의 차이를 측정하는 것으로 측정 위치에 민감하다. 사용되는 대표적인 전극의 종류는 표면전극(Surface Electrode), 바늘전극(Needle Electrode), 건식전극(Dry Electrode) 등이 있다. 표면전극은 피부 표면에 부착하여 미세한 전기신호를 잡아내는 방식으로 비 침습적이며, 비교적 정확한 신호 측정이 가능함으로 대중적으로 사용되는 방법이다. 사용 시에는 정확한 측정을 위해 부착부위에 털을 제거하고 젤(Gel)과 같은 전해질 페이스트를 발라 사용해야 한다. 이러한 표면전극을 이용하여 젖소에게서 심박을 측정한 연구들이 있다[3-5]. [그림 3]은 Polar inc.에서 개발한 경마용 측정기이고, 이들은 이 Polar Equine Training System을 사용하였다[23]. 이 장비는 단 시간의 측정은 가능하지만, 지속적인 사용이 불가능한 표면

전극의 한계로 지속적인의 모니터링에는 적합하지 않다[12]. 또 이 제품은 기립 자세의 말에게 부착하기 위한 형태로 센서의 형태 또한 일상생활에서 눕거나 앉아 시간을 보내는 젖소에게는 적합하지 않다.

그림 3. Polar inc.의 심박 측정 센서

바늘전극은 피하에 바늘을 삽입하여 신호를 측정하는 방식으로 표면 전극을 부착할 수 없는 단시간 수술을 하는 동물이나 사람에게 사용하고 있지만, 지속적인 모니터링의 경우 부착하기 위한 시술의 문제와 삽입 부위에 2차 감염 등의 문제가 있기 때문에 사용이 어렵다. 건식전극의 경우에는 부착이 쉽고, 비 침습적인 방식이지만, 전극의 형태와 부착 방식이 지속적인 부착에는 적합하지 않다.

1.2 PPG Sensor를 사용한 맥박 측정

맥박은 내면적으로는 심박에 따르는 혈관 내압의 변동이며 외면적으로는 일종의 혈관 벽의 진동이다. 이처럼 맥박은 심박에 종속적이므로 맥박수와 심박수는 일치함을 확인할 수 있다[16]. 이러한 이유로 심박의 측정이 불가할 때에는 맥박이 심박의 대안이 될 수 있다. 맥박을 측정하는 일반적인 방법에는 오실로메트릭(Oscillometric) 방법과 PPG 센서를 이용한 방법이 있다. 오실로메트릭 방법은 커프(Cuff)에 공기압을 가하였다가 천천히 공기압을 빼면서 동맥혈관 위의 커프에 생기는 압진동의 크기를 압력센서에 의해 감지하여 측정하는 방식이다. 의료기관에서 많이 사용하는 방법이지만, 지속적인 측정이나 이동시 측정에는 적합하지 않다. PPG센서는 혈액 속의 산화 헤모글로빈(Oxidised haemoglobin)과 헤모글로빈(reduces haemoglobin)이 500nm에서 1000nm 사이의 파장을 가지는 빛을 쏘았을 때 매우 다른 스펙트럼 특징을 보이는 것을 이용한 것

이다. 혈관에 유입되는 혈액량은 심장박동과 같이 변하는데, 혈액량에 비례한 혈액속의 HbO_2 와 Hb 의 양에 따라 PPG 센서의 포토다이오드는 입사된 빛의 양에 비례하여 출력전압이 변하게 되고, 이 값을 측정하여 맥박을 측정할 수 있다[17]. [그림 4]와 같이 PPG 센서는 반사형과 투과형 두 가지 종류가 있다.

그림 4. PPG 센서의 종류

PPG 센서는 비 침습적이며, 피부 표면에 센서만 부착하면 쉽게 측정이 가능하기 때문에 일상생활 시에 모니터링을 하기 위한 목적으로 개발이 활발히 진행되고 있다. 젖소에게 적용한 연구 사례도 찾아볼 수 있다. 이 연구에서는 소의 귀에서 반사형 PPG 센서로 맥박을 측정하였다[6]. 하지만 이 연구에서 개발한 센서 모듈은 지속적인 측정에 적합한 형태를 하고 있지 않으며, 소의 귀는 손상에 우려가 크기 때문에 지속적인 측정에는 적합한 측정위치가 아니다. [그림 5]는 소에게 적용한 PPG센서와 소 귀의 손상에 관한 모습이다.

그림 5. 소에게 적용한 PPG 센서(좌), 이표로 인한 소 귀의 손상(우)

1.3 삼입형 알약(Ingestible Pill)을 사용한 심박 측정

위에서 언급한 전극을 이용한 심박 측정과 PPG 센서를 이용한 맥박 측정은 부착방법과 부착위치에 따라 측

정되는 신호가 민감하다는 문제가 있다. 삼입형 알약(Ingestible Pill)은 위의 두 방법에서 발생하는 문제없이 소의 심박을 측정할 수 있는 방법이다[7][8]. [그림 6]과 같은 삼입형 알약은 내부에 마이크를 내장한 센서 모듈로 소의 반추위에 상주하면서 심음을 마이크로 녹음하여 심박수를 측정할 수 있다. 하지만 이 방법을 적용하기 위해서는 특수한 장비나, 반추위에 직접 넣을 수 있도록 캐놀라(Cannula) 기술이 필요하다. 센서 모듈 삼입 이후에도 센서 모듈이 생체 내부에 있기 때문에 젖소의 생체로 인한 무선 통신 신호 감쇠로 무선 통신이 어려운 문제와 배터리 교환이 어렵다는 문제가 있다.

그림 6. 삼입형 알약 센서(좌), Canuula(우)

1.4 관련 선행 연구 종합

본 연구에서는 센서의 부착이 용이하며, 비 침습적이며, 부착 이후에 사후관리가 용이하면서 맥박의 지속적인 모니터링이 가능한 센서 모듈을 개발하고자 한다. 센서 모듈은 기술이나 사용을 위한 선처리가 필요 없도록, 삼입형이 아닌 외부 부착형으로 연구 방향을 설정하였다. 외부 부착 방식으로는 전극방식과 PPG 방식 중에서 부착이 용이하며, 지속적인 모니터링이 가능한 반사형 PPG 센서를 사용하기로 하였다. 하지만 기존의 PPG 센서를 사용한 선행 연구에서 측정위치와 부착방법이 지속적인 모니터링에 부적합함으로 측정위치와 부착방법에 대한 연구를 진행하였다.

2. 젖소 맥박 모니터링 센서모듈 개발

2.1 시스템 구성

본 연구에서 개발한 센서 시스템은 소에게 부착되어 데이터를 측정하는 맥박 센서 모듈과 센서 모듈로 부터

의 신호를 받아 변환하여 서버로 전송하는 중계기로 크게 나눌 수 있다. 센서 모듈은 측정부위에 부착이 용이하도록 PPG 센서 부분을 독립시켜 소형화하였다. 아래 [그림 7]은 시스템의 개요이다.

그림 7. 시스템 개요

1.2 센서 모듈

센서 모듈은 PPG 센서를 사용하여 젖소의 맥박을 측정한다. 측정한 데이터는 Zigbee 모듈을 거쳐 중계기에 전송된다. 데이터 수집을 장시간하기 위해서, 저전력소모를 고려하여 회로를 설계하였다.

$$P = \alpha \cdot f \cdot C \cdot V_{DD}^2 + I \cdot V_{DD} + Q \cdot f \cdot V_{DD} \quad (1)$$

식(1)은 Digital 회로에서의 전력소모의 구성성분을 보여주는 식이다. P 는 Power, α 는 Switching Activity, f 는 Frequency, C 는 Capacitance, V_{DD} 는 Supply Voltage, I 는 Leakage Current, Q 는 Short Circuit Charge이다. 이 중 공급전압과 주파수가 전력소모의 가장 큰 요소이기 때문에 소자 선정 시에 동작전압은 3.3V로 소자를 통일하였고, 레귤레이터는 동작시간을 늘리기 위해 전압 드랍 폭이 작은 LDO 레귤레이터를 사용하였다. 모든 부품은 소비전력이 작은 부품들을 선택하였고, 가능한 부품의 개수를 줄일 수 있도록 하였다. 소비 전력이 큰 Zigbee 모듈과 PPG 센서는 Sleep기능을 사용하여 필요하지 않을 시에는 전력 소모를 최소화 할 수 있도록 하였으며, 동작 주파수는 최소화하도록 가급적 칩 내부 클럭을 사용하였다. 아래 [그

림 8]은 센서 모듈의 구조 블록도이고, [그림 9]는 개발한 회로 보드이다.

그림 8. 센서 모듈 구조 블록도

그림 9. 통신/연산부(좌), 센서부(우)

아래의 [표 1]은 센서 모듈의 세부 사양이다.

표 1. 센서 모듈 사양

통신/연산부 크기(mm)	76 (W) × 76 (D) × 75 (H) (성우) 70 (W) × 70 (D) × 75 (H) (송아지)
통신/연산부 중량(g)	493g, 300g
센서부 크기(mm)	57.5 (W) × 23 (D) × 11.8 (H)
센서부 중량(g)	28.6g
전체 소비 전류(mA)	Zigbee sleep : 33mA
	Zigbee Tx/Rx : 50mA
	Zigbee Sleep + PPG ON : 45mA
전원	배터리 전원
PPG 센서	연속광, 반사식 맥박 센서
배터리	19,000mAh × 2
동작시간	약 136일(4.5개월)
동작온도	-30 ~ 85℃
운반온도	-40 ~ 100℃

[그림 10]은 완성된 맥박 센서 모듈이다. A는 연산 및 통신부, B는 센서부이다.

그림 10. 맥박 센서 모듈

3. 맥박 측정 위치 및 부착 방식

1.1 맥박 측정 위치

일반적으로 소의 맥박은 [그림 11]과 같이 안면동맥(머리), 중미동맥(코리), 좌측흉벽(심장부)에서 측정을 한다. PPG 센서의 경우 말초 혈관이어도 피부에 가까운 혈관이면 측정이 가능하기 때문에 이전의 선행연구에서는 피부가 얇은 귀에서 측정을 한 것으로 보인다. 하지만 귀는 손상의 우려가 크기 때문에 본 연구에서는 측정위치로 고려하지 않았다. 안면동맥의 경우 센서 모듈을 머리에 부착해야하기 때문에 부착의 어려움이 있어서 실험에서 제외하였다. 본 연구에서는 중미동맥과 좌측흉벽에서 맥박 측정을 시도하였다.

그림 11. 일반적인 소 맥박 측정 위치

측정 결과 중미동맥과 좌측흉벽에서 PPG 센서로 맥박 파형을 계측하는데 성공하였으며 결과는 [그림 12]와 [그림13]과 같다.

그림 12. 좌측흉벽 맥박 파형

그림 13. 중미동맥 맥박 파형

맥박 파형의 주기를 구하기 위해서 Threshold를 설정하여 peak값을 샘플링 하였다. 분 당 맥박의 계산은 파형의 주기를 구하여 n 회 측정한 평균한 값으로 분 당 맥박수를 유추하는 방식으로 하였다. n 회 측정한 맥박의 주기 평균은 실시간으로 평균값을 누적하기 위해서 프로그램에서 처리가 용이한 재귀형 평균 필터를 사용하였다. 재귀형 평균 필터의 기본 공식은 다음과 같다.

$$T_{average} = \frac{n-1}{n} T_{n-1} + \frac{1}{n} T_n \quad (2)$$

$T_{average}$ 는 구하고자 하는 평균, T_{n-1} 은 $n-1$ 번 까지의 평균, T 는 현재 맥박의 주기이다. 위에서 구한 $T_{average}$ 를 이용하여 분 당 맥박수를 구할 수 있다. 식은 아래와 같다.

$$H = \frac{60\text{sec}}{T_{average}} \quad (3)$$

1.2 센서모듈 부착 방식

센서 모듈은 소에게 스트레스를 주지 않으면서, 파손의 위험이 없고, 지속적으로 부착이 가능한 위치와 방법으로 부착해야 한다. 본 연구에서 제작한 센서 모듈은 센서부를 분리하여 제작하였다. 센서부를 분리함으로써 센서부는 작고 얇은 형태의 외형으로 설계하여 측정 부위에 따른 제약을 덜 받고 부착이 가능하도록 하였다. 센서부의 표면은 글루로 코팅을 하여 마찰력을 높

혀 부착성을 높였다. 맥박 측정에 사용한 PPG 센서는 외부의 빛에 의해 노이즈가 발생할 수 있기 때문에 센서부는 빛이 차단되도록 완전히 감싸서 부착되어야 한다. 센서 부착위치는 성우의 경우 좌측흉벽보다 중미동맥부근이 신호도 강하고 부착이 용이하였고, 송아지의 경우는 꼬리가 얇아 꼬리에 부착이 난해하여 좌측흉벽에 부착하도록 하였다. 맥박 센서를 중미동맥에 부착하는 경우, 꼬리의 지름이 꼬리 끝단으로 갈수록 좁아지기 때문에 센서의 탈락 가능성이 높다. 센서 탈락을 막기 위해서 승마용품에서 사용하는 네오프렌(Neoprene)을 사용하여 부착성을 높이고, 마차용 하네스(Harness)의 형태를 참고하여 센서모듈을 엉덩이 위쪽에서 당겨주도록 하였다. [그림 14]는 성우의 꼬리에 부착한 센서 모듈이다.

그림 14. 중미동맥에 부착한 센서모듈

센서 모듈을 좌측 흉벽에 부착하는 경우에는 좌측 흉벽에 모듈이 밀접하게 부착되어야 하기 때문에 좌측 흉벽 부분에 부착할 수 있는 조끼형 하네스(Harness)를 제작하였다. [그림 15]는 송아지의 좌측흉벽에 맥박센서를 부착하는 사진이다.

그림 15. 맥박센서를 부착시키는 모습

좌측 흉벽에 부착하기 위하여 제작한 조끼형 하네스는 윗 덮개(Handguard) 부분과 아랫 덮개(Lowershell) 부분으로 나뉜다. 아랫 덮개 부분에 센서모듈을 결합하여서 송아지에게 부착함으로써 탈락을 방지 하였다. 아래 [그림 16]은 조끼형 하네스, [그림 17]은 송아지의 좌측흉벽에 센서모듈을 부착한 사진이다.

그림 16. 조끼형 하네스

그림 17. 외부생체모니터링 장치 착용 모습

연산 및 통신부 모듈은 목걸이 형태로 부착하였다. 소의 목둘레 지름은 크게 변동이 없으며, 기존에도 목걸이형태의 트랜스폰더 등을 착용하기 때문에 거부감이 적고, 지속적으로 부착이 용이하다. 아래 [그림 18]은 목걸이형 모듈을 부착한 사진이다. 목걸이 모듈은 송아지와 성우의 크기를 감안하여 성우용과 송아지용 각각 따로 제작하였다. 무게는 성우용 350g, 송아지용 250g이다.

그림 18. 목걸이센서 모듈을 착용한 젖소

4. 데이터 유효성 검증

1.1 실험 방법

실험은 건강한 성우와 송아지에 각각 맥박 센서 모듈을 부착하여서 각 소마다 30분 동안 1분에 한번 씩 맥박값을 측정하였다. 데이터를 수집하여서 데이터가 젖소의 정상 맥박 범위인 분당 60회~80회 사이인지 확인하여 데이터의 유효성을 검증한다. 또, 본 시스템을 사용하여 사람의 유무에 따른 젖소의 스트레스 정도를 맥박의 변화로 확인하였다.

1.2 실험 결과

성우의 경우 중미동맥에 센서를 부착하여 측정하였다. [그림 19]의 그래프는 중미동맥에서 맥박 값을 확인한 값이다. x축은 시간 축 이고, y축은 분당 맥박 값이다. 성우의 정상 맥박 범위인 60-80 사이에서 측정값이 벗어나지 않는 것을 확인할 수 있다.

그림 19. 중미동맥의 맥박 데이터

송아지의 경우 조끼형 하네스를 장착하여 좌측흉벽에서 맥박 값을 확인 하였다. [그림 20]은 좌측흉벽에서 맥박 값을 확인한 그래프이다. 송아지의 데이터 역시

정상맥박 범위인 60-80 사이에서 측정값이 벗어나지 않는 것을 확인할 수 있다.

그림 20. 좌측흉벽의 맥박 데이터

아래 [그림 21]과 [그림 22]의 그래프는 사람의 유무에 따른 젖소의 스트레스 상태를 비교한 것이다. 사람이 젖소 근처에 있을 경우 4마리와 사람이 젖소 근처에 없을 경우 4마리 각 30분씩 젖소의 중미동맥에서 분당 맥박 값을 측정하여 평균을 내었다.

그림 21. 사람이 없을 경우의 맥박 값

그림 22. 사람이 있을 경우의 맥박 값

사람이 있을 경우의 맥박 값은 분당 약 80회로 사람이 없을 경우의 맥박 값인 분당 약 70회보다 약 10회 정도 높은 것을 확인할 수 있다. 이 결과로 사람이 측정하는 맥박은 측정자체로 발생하는 스트레스로 맥박 값의 신뢰성이 떨어짐을 확인할 수 있었다.

III. 결 론

1.1 연구 결과

본 연구에서 중미동맥과 좌측 흉벽에서 PPG 센서를 이용하여 맥박을 측정하였다. 본 연구에서 제안한 위치와 방법은 젖소의 생활에 지장을 주지 않으면서 무인 상황에서 지속적으로 맥박을 측정 할 수 있다.

측정 결과 정상 맥박 범위에서 맥박이 측정이 되는 것을 확인하였으며, 사람의 유무에 따른 맥박 데이터의 차이로 젖소의 스트레스 상황을 확인할 수 있음을 확인하였다.

1.2 향후 연구방향

본 연구는 젖소 맥박의 지속적인 모니터링이 가능하다는 가능성의 확인과 측정된 맥박 데이터의 유효성을 검증하였다. 본 연구는 젖소의 맥박 모니터링을 통하여 젖소의 건강관리 및 젖소의 스트레스관리와 관련된 연구진행에 도움이 될 것이라 기대한다. 본 연구에서 개발한 측정 시스템의 신뢰성 확보를 위해 여러 개체의 정보를 장기간 수집을 통한 검증이 필요하다. 또 상태에 따른 알람 기능 구현을 위해 알고리즘 개발이 필요하며, 알고리즘 개발에는 기존의 사람 대상의 심박 모니터링 시스템의 기준을 적용할 수 있을 것으로 보인다 [20]. 추가로 안정적인 측정을 위한 부작용에 대한 지속적인 연구도 필요하다. 더 나아가서는 젖소가 사람이 옆에 있을 때만 스트레스를 받는 것이 아니라 측정 장비 부착에 따른 스트레스도 발생 할 수 있기 때문에, 열화상 카메라 등을 이용하여서 혈류에 따른 온도 변화로부터 맥박을 유추하는 방법 등의 원격에서 맥박을 측정하는 방법에 대한 연구도 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] H. Hopster and H. Blokhuis, "Validation of a heart-rate monitor for measuring a stress response in dairy cows," *Canadian Journal of Animal Science*, Vol.74, No.3, pp.465-474, 1994.
- [2] J. Rushen, A. Passillé, and L. Munksgaard, "Fear of People by Cows and Effects on Milk Yield, Behavior, and Heart Rate at Milking," *Journal of Dairy Science*, Vol.82, No.4, pp.720-727, 1999.
- [3] M. Janžekovič, B. Muršec, and I. Janžekovič, "Techniques of Measuring Heart rate in Cattle," *Tehnički vjesnik*, Vol.13, No.1, pp.2379-2382, 2006.
- [4] S. A. Schoenig, T. S. Hildreth, L. Nagl, H. Erickson, M. Spire, D. Andresen, and S. Warren, "Ambulatory Instrumentation Suitable for Long-Term Monitoring of Cattle Health," *Proceedings of the annual international conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Vol.1, No.4, pp.2379-2382, 2004.
- [5] K. Smith, "An Integrated Cattle Health Monitoring System," *Engineering in Medicine and Biology Society*, 2006, EMBS '06 28th Annual International Conference of the IEEE, Vol.9, No.1, pp.4659-4662, 2006.
- [6] L. Nagl, R. Schmitz, S. Warren, T. S. Hildreth, H. Erickson, and D. Andresen, "Wearable Sensor System for Wireless State-of-Health Determination in Cattle," *EMBS '03 25th Annual International Conference of the IEEE*, Vol.25, No.4, pp.3012-3015, 2003.
- [7] A. Martinez, S. Schoenig, D. Andresen, and S. Warren, "Ingestible Pill for Heart Rate and Core Temperature Measurement in Cattle," *EMBS '06 28th Annual International Conference of the IEEE*, pp.3190-3193, 2006.
- [8] S. Hoskins, T. Sobering, D. Andresen, and S. Warren, "Near-Field Wireless Magnetic Link for an Ingestible Cattle Health Monitoring Pill," *Engineering in Medicine and Biology Society*, EMBC 2009 Annual International Conference of

- the IEEE, pp.5401-5404, 2009.
- [9] 김태성, 황명철, “축산업의 비중 증가와 당면과제”, 2012 NHERI 리포트, 제189호, 2012.
- [10] 김종수, 김용환, 최민철, 김근섭, 이효중, 안동원, “동물(젖소) 건강 monitoring system 모델 개발에 관한 연구 최종 연구 보고서”, 경상대학교, 경남 축산 진흥 연구소, 동물(젖소) 건강 monitoring system 모델 개발에 관한 연구, 농림부, 1997.
- [11] 송주호, 우병준, 허 덕, 박선일, “가축질병의 경제적 영향 분석”, 한국농촌경제연구원, 연구보고 R519, 2006.
- [12] 서용배, 정중수, “RF 통신을 이용한 동물 생체정보 센싱 시스템 개발”, 2009 춘계 종합학술대회 논문집, 제7권, 제1호(하), pp.1180-1185, 2009.
- [13] 이승규, 민영봉, 김태규, “축산 자동화를 위한 가축의 생체 정보 무선 계측장치의 개발(II)”, 한국농업 기계학회지, 제16권, 제6호, pp.267-271, 1991.
- [14] 장동일, “축산 기계화 현황과 발전 방향”, SIEMSTA(농수축산박람회) 심포지엄, pp.103-131, 1995.
- [15] 손동수, 한우 젖소 임상관찰 요령, 국립축산과학원 기술지원과, 2010.
- [16] 이태신, *체육대학사전*, 민중서관 출판사, 2000.
- [17] 장인훈, 심귀보, “센서 네트워크 응용을 위한 반지형 맥박센서와 모니터링 시스템”, 퍼지 및 지능시스템학회논문지, Vol.17, No.5, pp.619-625, 2007.
- [18] 김현기, 양철주, 여현, “가축 질병 예찰 설계 및 구현”, 한국통신학회논문지, 제37권, 제12호, pp.1263-1270, 2012.
- [19] 강윤정, 최동운 “상황 인식 기반의 한우 생체정보 모니터링 시스템”, 한국엔터테인먼트산업학회논문지, 제6권, 제2호, pp.92-100, 2012.
- [20] 김이슬, 정정일, 조진수 “일상 내 건강 상태를 모니터링하기 위한 위험 심박 기준의 정의 및 스마트 디바이스의 위험 심박 알림 모듈 설계”, 한국

콘텐츠학회 2013 춘계종합학술대회, pp.169-170, 2013.

- [21] 이성철, 권훈, 김휴찬, 박호영 “RFID를 활용한 흑돼지 출하이력관리 시스템 설계 및 구현”, 한국콘텐츠학회, 제8권, 제3호, pp.32-40, 2008.
- [22] 강윤정, 최동운 “가축 생체 정보 모니터링 단말기”, 한국엔터테인먼트산업학회논문지, 제6권, 제2호, pp.101-106, 2012.
- [23] <http://www.polar.fi/en>.

저 자 소 개

전 학 봉(Hak-Bong Jun)

준회원

- 2009년 2월 : 한국산업기술대학교 기계공학과(공학사)
- 2009년 ~ 2011년 : 오사카대학교 기계공학과(연구생)
- 2012년 ~ 현재 : 광운대학교 임베디드SW공학과(석사과정)

<관심분야> : CAD 설계, 로봇 교육, 축산 IT, 센서네트워킹

김 한 준(Han-Joon Kim)

정회원

- 2011년 2월 : 광운대학교 제어계측공학과(공학사)
- 2013년 2월 : 광운대학교 제어계측공학과(공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 대구경북과학기술원 정보통신융합공학과 (박사과정)

<관심분야> : 로봇 교육, 센서 네트워크, 생체 모니터링, 축산 IT, WBAN, 자기장 통신, 무선전력 전송

김 진 오(Jin-Oh Kim)

정회원

- 1983년 2월 : 서울대학교 기계공학
학과 (공학사)
- 1985년 2월 : 서울대학교 대학원
기계학과 (공학석사)
- 1992년 8월 : Carnegie Mellon
University, School of Computer

Science, Robotics Ph.D. Program(공학박사)

- 1992년 ~ 1993년 : 일본 SECOM Intelligent
Systems Lab, Senior Leader
- 1994년 ~ 1998년 : 삼성전자 로봇개발팀장, 로봇사
업그룹장
- 1999년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 로봇학부 교수
- 2005년 ~ 2006년 : Stanford University, Robotics
Lab, 방문 부교수

<관심분야> : 로봇을 통한 사회 변화 기획 및 설계, 인
간로봇시스템, 작업을 위한 로봇시스템 설계